

# Videopelien visualisointi generatiivisen tekoälyn avulla – eettiset haasteet

TURUN YLIOPISTO  
Tietotekniikan laitos  
LuK-tutkielma  
Tietojenkäsittelytiede  
Joulukuu 2025  
Lenni Maikola

TURUN YLIOPISTO

Tietotekniikan laitos

LENNI MAIKOLA: Videopelien visualisointi generatiivisen tekoälyn avulla – eettiset haasteet

LuK-tutkielma, 22 s.

Tietojenkäsittelytiede

Joulukuu 2025

---

Tässä tutkielmassa tutkittiin miten generatiivista tekoälyä hyödynnetään videopelien visualisoinnissa. Lisäksi perehdyttiin generatiivisen tekoälyn eettisiin haasteisiin videopelien visualisoinnissa. Generatiivinen tekoäly on tekoäly, joka kykenee luomaan uutta merkittävää tietoa koulutusdatan perusteella ja sen avulla visualisoiduista videopeli tuotannon kontekstissa tarkoitetaan graafisen sisällön kuten kuvien, pelitasojen ja animaatioiden luomista. Aihe on tärkeä tutkittavaksi sen ajankohtaisuuden ja erityisemmin kasvavan kehityksen ja käytön takia.

Tutkimusmenetelmänä toimi kirjallisuuskatsaus, jonka aineistona olivat aiemmat tutkimukset sekä tutkimuskirjallisuus. Tutkielmassa hyödynnettiin teoreettista viitekehystä generatiivisen tekoälyn etiikan tutkimiseksi, joka sisälsi läpinäkyvyyden, tarkastettavuuden, vastuullisuuden, lahjomattomuuden ja ennustettavuuden.

Tutkielmassa saatiin selville, että generatiivista tekoälyä hyödynnetään monipuolisesti pelikehityksessä niin pelinkehittäjien tukena, kuin myös tehostamaan jo valmiiksi automatisoituja tehtäviä. Eettisestä tarkastelusta selvisi myös ongelma läpinäkyvyydessä erityisesti generatiivisen tekoälyn kouluttamiseen käytetyissä suurissa tietojoukoissa, niiden aiheuttamien plagiointi epäilyjen takia. Läpinäkyvyyssongelmiin on kuitenkin kehitetty parannuksia avoimien suurien tietojoukkojen ja pelivalmistajien tietojenjakamisyhteyksien ansiosta.

Tutkielman tulokset osoittavat, että generatiivisen tekoälyn rooli videopelien visualisoinnissa kasvaa jatkuvasti. Samalla sen hyödyntämisen yleistyessä on kuitenkin entistä tärkeämpää lisätä keskustelua tekoälyn eettisistä kysymyksistä, jotta myös etiikan muut osa-alueet voidaan ottaa huomioon ja kehittää tasapainoisesti teknologisen kehityksen rinnalla.

Asiasanat: generatiivinen tekoäly, visualisointi, eettiset haasteet

# Sisällys

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Taustatietoja</b>	<b>4</b>
2.1	Generatiivinen tekoäly . . . . .	4
2.2	Diffuusiomallit . . . . .	5
2.3	Generoiva kilpaileva malli . . . . .	5
2.4	Variaatioautoenkooderi . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Visualisointi videopeleissä</b>	<b>7</b>
3.1	Videopelien visualisoinnin historiaa . . . . .	7
3.2	Visualisointi generatiivisella tekoälyllä . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Generatiivisen tekoälyn eettiset haasteet videopelien visualisoinnissa</b>	<b>14</b>
4.1	Etiikan viitekehys . . . . .	15
4.1.1	Läpinäkyvyys . . . . .	15
4.1.2	Tarkastettavuus . . . . .	15
4.1.3	Vastuullisuus . . . . .	16
4.1.4	Lahjomattomuus . . . . .	16
4.1.5	Ennustettavuus . . . . .	16
4.2	Etiikka käytännössä . . . . .	17

<b>5</b>	<b>Pohdinta</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Yhteenveto</b>	<b>21</b>
	<b>Lähdeluettelo</b>	<b>23</b>

# Kuvat

3.1	Tennis for two oskilloskoopilla jäljiteltynä alkuperäisestä. . . . .	8
3.2	Näyttötekniikan aikajana (Sambe 2013). Suomennettu ja mukailtu tutkielmaa varten. . . . .	8
4.1	Tekoälyn etiikan viitekehys (Bostrom ja Yudkowsky 2018). Käsitteet on suomennettu tutkielmaa varten. . . . .	14

# 1 Johdanto

Videopelien kehittäjät käyttävät visuaalisen ja graafisen suunnittelun keinoja peleissään. Nämä keinot ovat tärkeä osa videopelien kehitystä ja kokemusta. Pelien grafiikat eli visuaalit (engl. visuals) voivat olla ratkaiseva tekijä positiivisessa ja negatiivisessa pelikokemuksessa. (Okur, Kızıl ja Atamaz 2024) Grafiikat ovat vahvasti yhteydessä videopelin kulkuun. Grafiikat parantavat pelin kulkua ja pelin kulku mahdollistaa grafiikoiden tehdä pelistä syvällisemmän. Visuaalit vaikuttavat merkittävästi pelin arvoon. (Badoni et al. 2022)

Viime vuosina tekoälyn, erityisesti generatiivisen tekoälyn, nopean kehityksen ansiosta on onnistuttu luomaan monia erilaisia sovelluksia ja kohteita, joihin tekoälyä voi käyttää. Generatiivinen tekoäly on mahdollistanut tekstin, kuvien sekä videon luonnin syväoppimisen ja muuntajien avulla. (Gozalo-Brizuela ja Garrido-Merchán 2023) Tämä kehitys on mahdollistanut pelienkehittäjille kuten myös kulluttajille uusia mahdollisuuksia ja kokemuksia, mutta se on myös nostanut esiin eettisiä kysymyksiä ja haasteita. Osa tekoälyn eettisistä haasteista liittyy läpinäkyvyyden ja tarkastettavuuden puutteeseen malleissa. Läpinäkyvyyden puutteen lisäksi ongelmia on ollut tekoälyn haitallisesta käytöstä, jossa hyväksikäytetään addiktiota ja huolimattonta rahan käyttöä. (Melhart et al. 2023) Kuvia ja taidetta tuottavista generatiivisista tekoälymalleista on ilmennyt ongelmia plagioinnin kanssa, jonka seurauksena taiteilijat ja kuvantekijät ovat olleet huolissaan teoksiensa väärinkäytöstä. (Ali ja Breazeal 2023)

Videopelien tuotannossa sisällön tuotanto on vaativa ja kallis tehtävä. Se vaatii eri alan ammattilaisia tekemään yhteistyötä, jotta peli valmistuu. Suuri osa pelin sisältöön kuuluvasta työstä kuluu pelin graafiseen sisältöön eli visuaaleihin, johon kuuluvat kaikki visuaaliset elementit tekstuureista käyttöliittymiin. Tiettyjä osia pelin valmistuksessa on saatu kymmeniä vuosia sitten jo automatisoitua, mutta visuaalisien elementtien luonnille se on tapahtunut vasta lähivuosina generatiivisen tekoälyn kehityksen myötä. Kehitys on mahdollistanut sen, että generatiivinen kilpaileva verkko, variaatioautoenkooderi ja diffuusiomallit on otettu käyttöön peliteollisuudessa. (Ribeiro, Carvalho ja Rodrigues 2025)

Tässä tutkielmassa tutkitaan generatiivisen tekoälyn hyödyntämistä videopelien visualisointiin ja sen eettisiä haasteita. Tutkielmassa käsitellään käsitteitä ja historiaa generatiivisesta tekoälystä ja sen etiikasta, jotta lukija saa ymmärryksen siitä, mitä ne ovat ja miten ne voisivat olla yhteydessä toisiinsa. Tämän jälkeen käsitellään videopelien visualisointia eli sitä, miten videopeleihin on luotu kuvia ennen tekoälyä ja myöhemmin tekoälyn avulla. Tutkielmassa pohditaan myös eettisiä haasteita ja kysymyksiä generatiivisen tekoälyn käytöstä videopelien visualisoinnissa. Lopuksi pohditaan aiheen lopputulosta sekä tulevaisuutta ja käsitellään tutkielman yhteenvedoa. Tutkielman tutkimuskysymykset ovat:

**TK1** Miten generatiivista tekoälyä hyödynnetään videopelien visualisoinnissa?

**TK2** Mitä eettisiä haasteita generatiivisen tekoälyn käytössä videopelien visualisointiin on?

Tutkielman menetelmänä toimii kirjallisuuskatsaus. Kirjallisuuskatsauksessa käsitellään generatiivista tekoälyä, videopelien visualisointia ja niiden eettisiä haasteita aiempien tutkimuksien ja tutkimuskirjallisuuden avulla. Generatiivinen tekoäly ja sen käyttö videopeleissä on ajankohtainen aihe ja se jakaa mielipiteitä. Kuitenkin kirjallisuutta eettisistä haasteista videopelien visualisoinnista generatiivisen tekoä-

lyn avulla ei tutkielman hakutermeillä juurikaan löytynyt. Erityisesti tekoälyn etiikka peleissä on vielä vähän tutkittu aihe ja nykyiset tutkimukset aiheesta pääasiassa keskittyvät pelaajamallinnukseen ja eettiseen kehitykseen (Melhart et al. 2023)

Aineistohaku suoritettiin monesta eri suositusta tieteellisestä tietokannasta (IEEE, Web of Science ja ACM). Keskeisimpiä lähteitä varten haussa käytettiin variaatioita seuraavanlaisesta hakulausekkeesta: *Generative AI AND video games AND ethics*. Hakutuloksia eri tietokannoista saatiin monia ja niitä täytyi rajata aineistotyyppiin, kielen ja julkaisuaajan mukaan.

Luvussa 2 esitellään taustatietoja generatiivisesta tekoälystä ja videopeleistä. Generatiivisesta tekoälystä käsitellään ensinnäkin se mitä se tarkoittaa ja sitten termit kuten diffuusiomallit, GAN ja muuntaajat. Videopeleistä tutkitaan historiaa ja sitä, miten ne ovat käyneet kanssakäymistä tekoälyn kanssa aiemmin. Sitten siirrytään lukuun 3, jossa käydään läpi videopelien visualisointia generatiivisen tekoälyn avulla. Tarkoitus on selittää miten videopelejä on aiemmin visualisoitu eli miten niihin on luotu grafiikat tai kuvat. Generatiivisen tekoälyn tuomaa muutosta erilaisilla kuvageneraattoreilla tarkastellaan myös. Luvussa 4 pohditaan eettisiä haasteita ja kysymyksiä, joita generatiivisen tekoälyn käyttämisestä syntyy varsinkin videopeleissä. Seuraavaksi luvussa 5 pohditaan tutkielman tuloksia, jonka jälkeen viimeiseksi luvussa 6 muodostetaan yhteenveto ja vastataan tutkielman tutkimuskysymyksiin.

## 2 Taustatietoja

Tässä luvussa esitetään generatiiviseen tekoälyyn liittyvät keskeiset taustatiedot, joita hyödynnetään tutkielman myöhemmissä tarkasteluissa. Luvun tarkoituksena on selventää, mitä generatiivisella tekoälyllä tarkoitetaan ja miten sen visualisointiin hyödynnettävät mallit toimivat.

### 2.1 Generatiivinen tekoäly

Laskennallisia tekniikoita, jotka pystyvät luomaan uutta merkittävää sisältöä, kutsutaan generatiiviseksi tekoälyksi. Generatiivista tekoälyä hyödyntäviä järjestelmiä voidaan käyttää taiteellisiin tarkoituksiin, kuten kuvien ja tekstin luomiseen, sekä älykkäinä järjestelminä, jotka auttavat ihmisiä vastaamalla erilaisiin kysymyksiin. (Feuerriegel et al. 2024)

Viime vuosina laskennallisen tehon merkittävä kasvu on mahdollistanut erilaisten generatiivisen tekoälymallien kehittymisen ja laajamittaisen käytön monissa soveluksissa. Tällaisia malleja ovat syvät neuroverkot, muuntajamallit ja muut kehitykselliset mallit, kuten vastakkaisasettelumallit (engl. *Generative adversarial network*, GAN) ja variationaalinen autoenkoodari (engl. *Variational autoencoder*, VAE). Näiden mallien avulla on pystytty luomaan multimediasisältöä suuren tietomäärän avulla. (Gozalo-Brizuela ja Garrido-Merchán 2023)

Ennen generatiivisen tekoälyn aikakautta kaikki syväoppimismallit olivat pääasiallisesti kuvailevia. Ne keskittyivät yhteenvetoon sekä tiedonkuvioiden ja -

suhteiden esittämiseen. Mallit yrittivät selittää kuviot, ja tehdä ennustuksia ke-  
räämästään tiedosta. Generatiivisen vastakkaisasettelumallin julkaisu vuonna 2014  
merkitsi uusien mallien aikakautta ja nyt generatiivinen tekoäly tarjoaa uusia vas-  
tauksia vaikeisiin ongelmiin. (Bengesi et al. 2024)

## 2.2 Diffuusiomallit

Generatiiviselle tekoälylle on kehitetty monta erilaista syvägeneroivaa mallia. Mal-  
leista diffuusiomalli on saanut huomattavaa huomiota eri osa-alueilla, kuten kone-  
näössä, luonnollisten kielten prosessoinnissa, audioprosessoinnissa, kaavioiden ge-  
neroinnissa ja bioinformatiikassa. (Cao et al. 2024) Malleista GAN-mallit ovat ol-  
leet parhaita kuvangenerointitehtävissä, mutta nyt diffuusiomallit on saatu tuotta-  
maan parempia tuloksia monella eri alueella. Diffuusiomallit vaativat saman verran  
tai jopa vähemmän laskentavoimaa saadakseen samantasoisia tuloksia kuin GAN-  
mallit. (Dhariwal ja Nichol 2021)

Diffuusiotodennäköisyysmalli (lyh. diffuusiomalli) on parametrisoitu Markovin  
ketju. Sitä koulutetaan variaatioinferenssin avulla tuottamaan näytteitä, jotka vas-  
taavat alkuperäistä dataa rajallisen ajanjakson kuluessa. (Ho, Jain ja Abbeel 2020)  
Diffuusiomallin kouluttaminen on kaksiosainen prosessi, jossa eteenpäindiffuusio  
(engl. *forward diffusion*) lisää koulutusdataan Gaussilaista kohinaa ja taaksepäindif-  
fuusio (engl. *reverse diffusion*) kääntää diffuusiota askeleittain taaksepäin luodak-  
seen uutta näytedataa. (Bengesi et al. 2024)

## 2.3 Generoiva kilpaileva malli

Generatiivisen tekoälyn kehitys saavutti läpimurron, kun GAN julkaistiin vuonna  
2014. Kun vanhat syväoppimismallit vain kuvailivat tietoa ja ennustivat sen avulla,  
GAN luo uutta dataa, joka läheisesti vastaa koulutusdataa. (Bengesi et al. 2024)

GAN-mallien on ajateltu suoriutuvan kuvangenerointitehtävistä malleista parhaiten, mutta diffuusiomalleista on selvitetty se, että ne pystyvät suoriutumaan tietyistä tehtävistä samantasoisesti tai jopa paremmin vähemmällä laskennallisella voimalla. (Dhariwal ja Nichol 2021)

Generatiivinen kilpaileva malli (GAN) on ohjaamaton generatiivinen malli, joka muodostuu generaattorista ja diskriminaattorista. Generaattori ottaa vastaan kohinaa ja luo uutta tietoa, joka vastaa alkuperäistä tietoa. Diskriminaattori tarkkailee tietoja, huomioi erot ja merkitsee ne oikeaksi tai vääräksi tiedoksi. Tämän jälkeen prosessi optimoituu diskriminaattorin huomioiden perusteella ja alkaa alusta, kunnes erot tietojen välillä ovat huomaamattomat. (Bengesi et al. 2024)

## 2.4 Variaatioautoenkooderi

Autoenkoodari (engl. *autoencoder*) on generatiivinen malli, joka on tehty ominaisuuksien erottamiseksi tiedosta toisten algoritmien käyttöön. Se ei pysty itsenään generoimaan merkittävää tietoa, mutta sitä käytetään moneen sovellukseen ja perustana monelle mallille. Variationaalinen autoenkooderi (VAE) on eräs tällainen malli. Se on nimensä mukaisesti samankaltainen malli kuin autoenkooderi, ja eroaa siitä parannetuilla ominaisuuksilla. (Asesh 2023)

Autoenkooderin kehitykseen VAE-malliksi vaikutti variaatioinferenssin esittely. Variaatioinferenssi on tilastollinen menetelmä, jota käytetään monimutkaisten todennäköisyysjakaumien approksimointiin. Variaationaalinen autoenkoodari käyttää variaatioinferenssiä kuvailemaan tietoa todennäköisyysjakaumalla. VAE eroaa autoenkooderista myös siinä, että sillä on enkooderi- ja dekodeeritasojen lisäksi näyttekerros. Enkoodari on autoenkooderin osa, joka pienentää tietoa alemmille ulottuvuuksille. Se luo uuden tason nimeltään koodi, joka sisältää tiivistettyä tietoa ja syötetyn tiedon alimman mahdollisen ulottuvuuden esiintymän. (Bengesi et al. 2024)

## 3 Visualisointi videopeleissä

Tässä luvussa tarkastellaan videopelien visualisointia osana pelien teknologista ja visuaalista kehitystä. Aluksi käsitellään videopelien visualisoinnin historiallista kehitystä ja keskeisiä teknologisia vaiheita, joiden pohjalta nykyiset visuaaliset keinot ovat muodostuneet. Tämän jälkeen tarkastellaan, miten generatiivista tekoälyä hyödynnetään videopelien visualisoinnissa ja millaisia uusia mahdollisuuksia se tuo mukanaan.

### 3.1 Videopelien visualisoinnin historiaa

Videopelien visualisointi on saanut alkunsa teknologisten kehitysten sivutuotteena. Ensimmäisenä videopelina pidetään yhdysvaltalaisen William Higinbothamin vuonna 1958 kehittämää *Tennis for two*-peliä<sup>1</sup> (Kuva 3.1).

Pelin visuaalinen ulkonäkö oli hyvin yksinkertainen, sillä sen visualisointiin käytettiin oskilloskooppia. Pelissä pelaajat lyövät kirkasta palloa puolelta toiselle keskellä olevan verkon yli imitoiden tennistä. *Tennis for two*:n jälkeen luotiin useita erilaisia videopelejä kokeiluina ja testeinä, joita ei koskaan julkaistu yleiseen käyttöön.

Yhtenä suosittuna ja merkittävänä pelinä pidettiin Steve Russelin vuonna 1962 julkaisemaa *Spacewar!*-keskustietokonepeliä, joka inspiroi vuonna 1972 Nolan Bush-

---

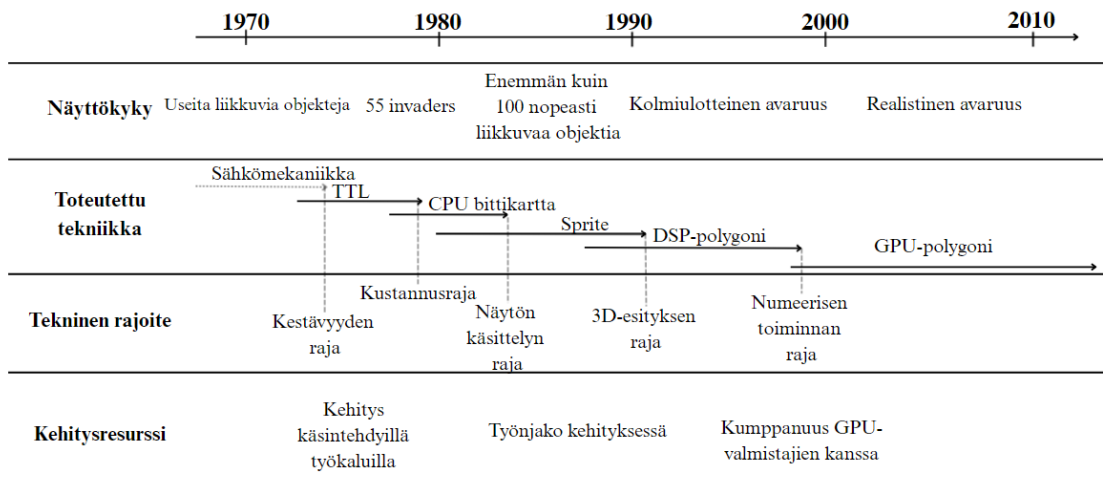
<sup>1</sup>Brookhaven National Laboratoryn The First Video Game? -sivusto <https://www.bnl.gov/about/history/firstvideo.php>



Kuva 3.1: Tennis for two oskilloskoopilla jäljiteltynä alkuperäisestä.

nellin luomaan ensimmäisen arcade pelin *Computer Space*. Siitä saaduilla tuotoilla Bushnell julkaisi pelin *PONG*, joka oli suosituampi ja levisi laajemmalle kuin *Computer Space*. (Wolf 2007)

Sambe (2013) esittävät tutkimuksessaan pelihalli (engl. arcade) videopelien visualisointi tekniikoita. He kertovat visualisointi tekniikoiden kehityksestä, rajoituksista ja saavutuksista. (Kuva 3.2)



Kuva 3.2: Näyttötekniikan aikajana (Sambe 2013). Suomennettu ja mukailtu tutkielmaa varten.

Bushnell kehitti *Computer Space* pelinsä pelaamiseen arcade-laitteen, jossa logiikka ja grafiikat olivat suoraan rakennettu transistori-transistori logiikka (TTL) -piireille. Kuvan tuottamiseen ei tarvittu tietokonetta vaan se onnistui tavallisella televisiolla signaalin muokkaamisen jälkeen. PONG yksinkertaisempaan ja selkeämpään sai suuremman suosion kuin *Computer Space*, vaikka se oli kehitetty myös TTL-piirien avulla. (Lowood 2009)

Keskeiseksi visualisointitavaksi TTL-piireille rakennetuille peleille muodostui katedisädeputki (CRT), jota hyödynnettiin rasterigrafikassa ja myöhemmin myös vektorigrafikan tuottamisessa. Rasterigrafikka perustui televisiosta tunnettuun rivikannaukseen, jossa elektronisuihku eteni koko ruudun läpi rivi riviltä. Menetelmä mahdollisti monimutkaisempien, täytettyjen ja värillisten kuvien piirtämisen, minkä vuoksi rasteritekniikasta tuli 1980-luvulle tultaessa videopelien hallitseva visualisoinnin muoto. Vektorigrafikassa kuva muodostui viivoista ja pisteistä, jotka elektronisuihku piirsi näytölle suoraan käskyjen mukaisesti. Tämä tekniikka muistutti oskilloskoopin toimintaa ja soveltui hyvin nopeiden, selkeiden viivapiirrosten luomiseen, kuten peleissä *Asteroids* (1979) ja *Battlezone* (1980). (Wolf 2007)

Vuonna 1975 yhdysvaltalainen yritys Midway Manufacturing Co. julkaisi *Gunfight*-pelin. Peli pohjautui TTL-piirin sijaan keskussuorittimella bittikartoitettuihin grafiikoihin (CPU bitmapped graphics). Tämä uusi peli inspiroi monia pelinkeittäjiä käyttämään CPU:ta pelien kehityksessä, erityisesti Japanissa. Tästä syntyneen uudenlaisen joustavuuden avulla japanilaiset insinöörit Taito Corporation yrityksestä saivat luotua suosiota saaneen *Space Invaders* (1978) -pelin. Kaksi vuotta myöhemmin Atari julkaisi sprite-tekniikan. Sen sijaan, että koko kuvaruutu piirrettiin bittikarttana CPU:lla, ruudun grafiikka muodostettiin käyttämällä spritejä, eli laitteistolla piirrettyjä grafiikkaobjekteja. Tämä mahdollisti sekä runsaasti enemmän samanaikaisia objekteja että paljon nopeampaa liikettä. (Sambe 2013)

Aiemmista kahden ulottuvuuden peleistä alettiin siirtymään useampaan ulottuvuuteen, mutta ei vielä kuitenkaan kolmanteen. Kahden ja puolen ulottuvuuden grafiikat (2,5D-graphics) sisälsivät useampia liikkuvia 2D kerroksia, jotka saivat aikaan syvyyden tunnetta. Tätä ilmiötä kutsutaan parallaksi-ilmiöksi. Tällä tekniikalla tuotettuja ja tunnettuja pelejä ovat esimerkiksi *Moon Patrol* (1982) ja *Super Mario Bros 3* (1990). (Wolf 2007)

Ensimmäisen kolmiulotteisia (3D) grafiikoita käyttävän videopelin *I, Robot* (1983) julkaisi Atari, minkä jälkeen monet muutkin kehittäjät kiinnostuivat käyttämään niitä. Kolmiulotteisia grafiikkoja hyödyntävissä peleissä käytetään 3D-objekteja, joita voi tarkastella useista eri suunnista toisin kuin 2D-objekteja. Tämä on mahdollista 3D-polygonien avulla. Varhaisissa 3D peleissä käytettiin digitaalista signaaliprosessoria (engl. *Digital signal processor*, DSP) laskemaan polygonien koordinaatteja. Koska usean polygonin riviin näyttämiseen tarvittiin melkein sata kertaa enemmän suorituskykyä kuin yksittäisen polygonin, siirtyivät pelien kehittäjät yhteistyöhön näytönohjaimien valmistajien kanssa. (Wolf 2007; Sambe 2013)

Viimeisen kahden vuosikymmenen aikana eri valmistajien, kuten esimerkiksi Nvidia ja AMD:n näytönohjaimien käyttö on vakiintunut. Kehitystä on tehty jatkuvasti, sillä niiden suorituskyky ja samanaikainen tiedonkäsittelykyky on parantunut huomattavasti. (Pekkilä et al. 2025) Tänä päivänä erilaiset pelien suunnitteluohjelmat kuten Unity tai Unreal Engine ovat kaikkien saatavilla. Näillä ohjelmilla pelien kehittäjät voivat suunnitella pelejä ja ostaa hahmoja ja esineitä peleihinsä. (Gajewski, El Mawas ja Heutte 2022) Myös 3D-mallinnuksesta on tehty kaikille saavutettavaa, esimerkiksi ohjelmilla kuten Blender, jossa hahmoja, esineitä ja ympäristöjä voi luoda ilmaiseksi. (Totten 2012)

## 3.2 Visualisointi generatiivisella tekoälyllä

Generatiivisella tekoälyllä tarkoitetaan laskennallisia tekniikoita, jotka pystyvät luomaan uutta ja merkittävää sisältöä. Visualisoinnin kontekstissa voidaan luoda tekoälyavusteisia kuvia ja videoita. (Feuerriegel et al. 2024) Tarkemmin pelituotannossa generatiivisella tekoälyllä on useita syvägeneroivia malleja, joita hyödynnetään visualisoinnissa. Tässä tutkielmassa niistä käsitellään diffuusiomalleja, variaatioautoenkoodaria ja generatiivista kilpailevaa mallia. (Vivekananthan 2024) Tämän luvun tarkoituksena on tarkastella näitä käsitteitä videopelien visualisoinnin näkökulmasta. Käsitteet on määritelty aiemmin luvussa 2.

Jo 1980-luvulta pelien kehityksessä on käytetty tekniikoita pelien tasojen ja resurssien luomiseksi. Yksi suosituista tällaisista on proseduraalinen generointi (engl. *Procedural content generation*, PCG). (Ribeiro, Carvalho ja Rodrigues 2025) PCG tarkoittaa automaattista pelin sisällön luomista algoritmien avulla. Tätä tekniikkaa on esimerkiksi käytetty peleissä kuten *Diablo* (1996) ja *Borderlands* (2009). (Togelius et al. 2011) Vaikka PCG on auttanut pelien visuaalien luomisessa, on silti ollut tarve tuoda enemmän automaatiota käsin piirtämisen tilalle. Tähän tarpeeseen on otettu pelin kehitykseen mukaan koneoppimismalleja, kuten variaatioautoenkoodari ja generatiivinen kilpaileva malli. (Ribeiro, Carvalho ja Rodrigues 2025) Tätä lisäystä kutsutaan proseduraaliseksi generoinniksi koneoppimisen avulla (engl. *Procedural content generation via machine learning*, PCGML) (Summerville et al. 2018).

2020-luvulla variaatioautoenkoodareita on käytetty kasvavin määrin pelien tasojen luontiin. Niiden on todettu toimivan siihen tarkoitukseen tietyn tyyppisissä peleissä, mutta ne eivät ole sopivia laajempaan ja hallitumpaan käyttöön, koska generointi perustuu satunnaisotantaan (Sarkar ja Cooper 2021) Esimerkiksi Sarkar ja Cooper (2020) esittivät tutkimuksensa tuloksia siitä, miten on mahdollista kouluttaa VAE luomaan monipuolisempia tasoja *Super Mario Bros.*, *Kid Icarus*, ja *Mega Man* peleihin. Lisäksi Ha ja Schmidhuber (2018) esittelivät tutkimuksessaan *World Mo-*

*dels* arkkitehtuurin, jossa variaatioautoenkooderia oppii esittämään pelimaailman visuaalisen ympäristön tiivistetyssä muodossa, jota muut mallin osat hyödyntävät agentin toiminnan ohjaamisessa.

Generatiivisten kilpailevien mallien julkaisun jälkeen ne ovat saaneet ylistystä uudenlaisesta lähestymistavastaan, varsinkin konenäön ja kuvankäsittelyn aloilla (Vivekananthan 2024). Vaikka GAN-mallia pidetään kestäväenä, kärsii se tilan romahtamisesta (engl. *mode collapse*), lähentymättömyydestä (engl. *non-convergence*) ja epävakaudesta. Korjatakseen näitä ongelmia on julkaistu lukuisia eri variaatioita perus GAN mallista. Suosituimpia tällaisia malleja ovat cGAN, DCGAN, WGAN, Cycle GAN ja StarGAN. (Bengesi et al. 2024)

Kuten aiemmin mainittu, GAN-malleja hyödynnetään proseduraalisessa generoinnissa videopelien suunnittelussa. Tutkimuksessaan Migdał, Olechno ja Podgórski (2021) esittävät useita eri lähestymistapoja GAN-mallien käyttämiseen. Eräitä tällaisia lähestymistapoja ovat esimerkiksi kuvanparannus (engl. *image upscaling*), tyylinsiirto (engl. *style transfer*) ja kuvankäännös (engl. *image translation*). Kuvanparannusta pelin kehityksessä käytettäessä voidaan GAN-malleja, kuten ESRGAN-mallia hyödyntäen parantaa tai muuttaa vanhempien pelien resoluutioita realistisemmiksi ja uudemmiksi. Tyylinsiirrossa GAN-mallia hyödyntäessä voidaan ilman laadun heikentymistä vaihtaa pelissä olevien kuvien tai esimerkiksi kasvojen tyyliä. Kuvankäännöksessä käytetään GAN-malleja vaihtamaan kuva täysin toiseksi kuvaksi, kuten esimerkiksi lisäämään puita kenttiin. Esimerkiksi vuonna 2024 julkaistussa Black Myth Wukong-pelissä hyödynnettiin GAN-malleja luomaan pelihahmoja ja ympäristön yksityiskohtia analysoimalla suurta määrää kuvadataa. (Lu ja J. Wang 2024)

GAN-malleja on pidetty parhaimpana generatiivisen tekoälyn mallina kuvan tuotannossa, mutta diffuusiomallit on saatu tuottamaan parempia tuloksia samalla tai jopa vähemmällä määrällä laskentavoimaa. (Dhariwal ja Nichol 2021) Tämän ilmiön

seurauksena on aloitettu tutkimaan diffuusiomallien hyödyntämistä myös pelituotannossa. Dai et al. (2024) esittävät tutkimuksessaan DDPM:ään (engl. *denoising diffusion probabilistic model*) perustuvan diffuusiomallin, joka oppii luomaan peliin tasoja vain yhden esimerkki tason avulla. Tutkimukset näyttävät sen pystyvän luomaan suuren määrän tasoja vähemmällä määrällä artefakteja, kuin mitä GAN-mallien avulla. Tutkijat ovat tutkimuksessaan käyttäneet pelejä, kuten *Minecraft* ja *Super Mario Bros.* esimerkkeinä 2D- ja 3D-peleistä, johon tutkimuksen diffuusiomallia voi hyödyntää.

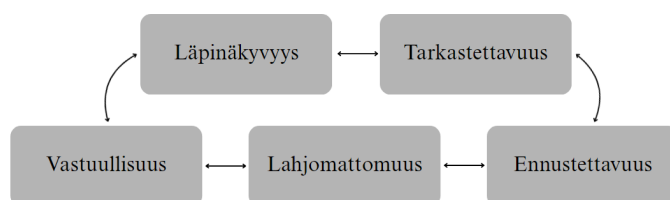
Diffuusiomallien kehittyessä ovat Rombach et al. (2022) luoneet mallin kehitysversion, jonka he ovat nimenneet latentiksi diffuusio malliksi (engl. *latent diffusion model*, LDM). Tässä mallissa diffuusiomalli luo kuvia koulutetun autoenkooderin tiivistämässä latenttitilassa (engl. *latent space*), jonka jälkeen dekooderi palauttaa kuvat täyteen resoluutioon. LDM tuottaa uskottavampia ja yksityiskohtaisempia kuvia kuin aikaisemmat mallit ja sen latenttitilaa hyödyntäen on myös mahdollista kouluttaa useita määriä diffuusiomalleja tai jopa tutkia täysin eri tehtäviä.

Stable diffusion on suosittu avoimen lähdekoodin latentti diffuusio malli. Sen avulla käyttäjä voi esimerkiksi generoida tekstiä kuviksi, skaalata kuvia ja poistaa kohinaa. Colado et al. (2023) esittävät tutkimuksessaan Stable diffusion käyttöä muiden tekoäly työkalujen kuten ChatGPT:n kanssa luomaan hyötypelejä (engl. *serious games*). Hyötypelit ovat videopelejä, joita voidaan käyttää opetuksessa. Stable diffusionia käytettäisiin pelien visuaalien eli hahmojen, sijaintien ja tyylien luontiin.

## 4 Generatiivisen tekoälyn eettiset haasteet videopelien visualisoinnissa

Aiemmin tässä tutkielmassa on tutustuttu videopelien visualisoinnin historiaan, ja kuten mainittu, nykypäivänä generatiivista tekoälyä hyödynnetään videopelituotannossa. Työkaluna generatiivinen tekoäly tuo mukanaan kuitenkin haasteita, erityisesti eettisiä. Tässä luvussa perehdytään generatiivisen tekoälyn eettisiin haasteisiin videopelien visualisoinnissa. Aihe on ajankohtainen ja tärkeä, sillä tekoälyn eettisistä vaikutuksista videopelien tuotantoon on keskusteltu vielä melko vähän. (Melhart et al. 2023)

Bostrom ja Yudkowsky (2018) esittävät tutkimuksessaan tekoälyn etiikan viitekehyksen, jossa sen eri osa-alueita ovat läpinäkyvyys (engl. *transparency*), tarkastettavuus (engl. *auditability*), vastuullisuus (engl. *responsibility*), lahjomattomuus (engl. *incorruptibility*) ja ennustettavuus (engl. *predictability*). Osa-alueet on havainnollistettu kuvassa 4.1, sillä tässä tutkielmassa tekoälyn eettisiä haasteita käsitellään tämän viitekehyksen avulla, kuten monessa muussa tutkielmassa.



Kuva 4.1: Tekoälyn etiikan viitekehys (Bostrom ja Yudkowsky 2018). Käsitteet on suomennettu tutkielmaa varten.

## 4.1 Etiikan viitekehys

### 4.1.1 Läpinäkyvyys

Larsson ja Heintz (2020) kertovat tutkimuksessaan läpinäkyvyydellä olevan hyvin tärkeä rooli tekoälyn luotettavuuden edistämiseksi. Läpinäkyvyydellä tekoälyn kontekstissa voidaan tarkoittaa algoritmista läpinäkyvyyttä tai systemaattista läpinäkyvyyttä ja avoimuutta tekoälysovelluksissa (Melhart et al. 2023).

Algoritmisella läpinäkyvyydellä viitataan siihen, että tekoälyn päätöksentekoprosessi ja mallien sisäinen toiminta ovat ymmärrettävissä ja selitettävissä muodoissa ihmisille. (Das ja Rad 2020)

Larsson ja Heintz (2020) kertovat tutkimuksessaan tarpeesta tarkastella tekoälyn läpinäkyvyyttä myös laajemmasta systemaattisesta lähestymistavasta. Läpinäkyvyys ei rajoitu vain algoritmeihin, vaan se edellyttää monitieteisen ymmärryksen kehittämistä, jonka avulla pystyy valvomaan ja arviomaan tekoälyä yhteiskunnassa. Tämä korostuu erityisesti videopelien visualisoinnissa, jossa generatiivinen tekoäly tuottaa visuaalista sisältöä ja vaikuttaa suoraan pelaajan kokemukseen.

### 4.1.2 Tarkastettavuus

Melhart et al. (2023) mukaan tarkastettavuudella tarkoitetaan mahdollisuutta tekoälymallien ja työkalujen oikeellisuuden tarkistamiselle kolmannen osapuolen toimesta. Tekoälyn tekemien päätösten tulee olla jäljitettävissä ja riippumattomasti arvioitavissa. Tutkijat kertovat, että erityisesti peliteollisuudessa läpinäkyvyyden rajallisuuden lisäksi tarkastettavuus on vakava eettinen ongelma. Esimerkiksi vinoutunutta tietojoukkoa on lähes mahdotonta erottaa vinoutumattomasta ilman tarkastettavuutta ja läpinäkyvyyttä.

### 4.1.3 Vastuullisuus

Crowley et al. (2019) kertovat tutkimuksessaan tekoälyjärjestelmien olevan vain artefakteja, eikä niitä siksi voi pitää eettisesti tai laillisesti vastuussa. Vastuun tulisi pysyä yksittäisillä ihmisillä tai ihmisyhteisöillä. Melhart et al. (2023) mukaan vastuullisuudella tekoälyn etiikassa tarkoitetaan juuri selkeää vastuun valvontaa tekoälyn algoritmeissa, koska sen tuotokset voidaan liittää yksilöihin tai organisaatioihin. Haasteena vastuullisuudessa kuitenkin voi syntyä selkeän vastuunketjun kadottamista alkuperäisen datan ja viimeisen tuotoksen välissä.

### 4.1.4 Lahjomattomuus

Videopelit ovat vuorovaikutteisuutensa takia jatkuvasti hyökkäyksen kohteena pahantahtoisilta tekijöiltä. Tämän takia on tärkeää, että tekoälyjärjestelmät, erityisesti ne joita käytetään videopelien kehityksessä, ovat vahvoja ja kestäviä niin ulko- kuin sisäpuolista manipulointia vastaan. Tätä kestävyyttä manipulointia vastaan kutsutaan lahjomattomuudeksi. (Melhart et al. 2023)

### 4.1.5 Ennustettavuus

Melhart et al. (2023) kuvailevat ennustettavuutta vähemmän keskusteltuna, mutta silti tärkeänä tekoälyn etiikan osana. Ennustettavuudella tarkoitetaan sitä, että tekoälyjärjestelmä ensinnäkin kykenee itsenäiseen ja algoritmiseen käyttöön ennustettavalla tavalla, mutta myös lopputulokseen, joka on ristiriidaton. Esimerkiksi pelaajanmallinnuksessa (engl. *player modelling*) ennustettava tekoälyjärjestelmä voi tehdä turvallisemman käyttöympäristön kaikille sen käyttäjille.

## 4.2 Etiikka käytännössä

Tässä alaluvussa tarkastellaan tarkemmin konkreettisempia ja yksityiskohtaisempia riskejä tekoälyn käytöstä videopelien visualisoinnissa eettisestä näkökulmasta. Vaikka viitekehityksessä eettisiä osa-alueita tarkasteltiin aiemmin erillisinä, erityisesti generatiivisen tekoälyn kontekstissa eri osa-alueiden eettiset haasteet ilmenevät usein samanaikaisesti.

Melhart et al. (2023) tuovat esiin tutkimuksessaan peliteollisuuden eettisiä haasteita tekoälyn hyödyntämisessä. Tutkijoiden mukaan pelisuunnittelun ongelmat, rahankeräysstrategiat ja pelien mustalaatikko luonne (engl. *black-box nature*) vähentävät läpinäkyvyyttä ja luovat eettisiä kysymyksiä. Tämä myös vaikeuttaa pelaajamallien (engl. *player models*) ja generoitujen visuaalisten elementtien arviointia ja valvottavuutta.

Peliteollisuus on ollut hidaskasvavaan kasvaviin ongelmiin, mutta niiden parantamiseksi on kehitetty ratkaisuja (Melhart et al. 2023). Das ja Rad (2020) esittävät tutkimuksessaan selitettävän tekoälyn (engl. *Explainable Artificial Intelligence, XAI*). Selitettävä tekoäly on tekoälyn ala, joka jakaa työkaluja ja algoritmeja generoidakseen korkealaatuisia ihmisten ymmärtämiä tekoälyn päätöksiä. Tämä mahdollistaa tekoälyn mustan laatikon luonteen vähentämistä luoden luotettavia ja selitettäviä syväoppimismalleja. Lisäksi läpinäkyvyysongelmien vähentämiseksi Melhart et al. (2023) mainitsevat, että eräät pelivalmistajat kuten EA, Nintendo, Ubisoft ja Riot Games ovat jakaneet dataansa tutkimuksia varten. Myös Microsoft julkaisee Xbox läpinäkyvyysraportteja (engl. *Xbox Transparency reports*), jonka tavoitteena on lisätä läpinäkyvyyttä ja luotettavuutta. Suurempien peliteollisuuden yritysten esimerkillisyys voi onnistuessaan saada muita yrityksiä tekemään samoin.

Laaajempien läpinäkyvyysongelmien lisäksi visualisointi generatiivisen tekoälyn avulla on kohdannut eettisiä haasteita esimerkiksi plagioinnin ja tekijänoikeuksien kanssa, josta taiteilijat ja kuvanluojat ovat olleet tuhtuneita. (Ali ja Breazeal 2023)

Generatiivinen tekoäly hyödyntää suuria tietojoukkoja (engl. *large datasets*) luodakseen kuvia, videoita ja muuta mediaa. Nämä tietojoukot eivät kuitenkaan ole julkisesti saatavilla ja niiden käyttämisestä datasta on noussut kasvava huoli. Epäillään, että generatiiviset tekoälyjärjestelmät käyttävät kuvien luomiseen tekijänoikeuksia rikkovaa dataa. (J. T. Wang et al. 2024; Schuhmann et al. 2022)

Tähän läpinäkyvyysongelmaan on kuitenkin kehitetty useita ratkaisuja. Esimerkiksi Schuhmann et al. (2022) esittävät tutkimuksessaan kehittämänsä julkisesti saatavilla olevan suuren tietojoukon LAION-5B:n. Julkisen saatavuuden lisäksi tämä tietojoukko sisältää suodattimia sopimattomien ja vesileimattujen tietojen pois rajaamiseksi. Tutkijat myös kertoivat tietojoukkonsa olevan yhteensopiva mallien kuten CLIP, GLIDE ja Stable Diffusion kanssa. Tämän tietojoukon ja sen kaltaisten tietojoukkojen käytön voi tulkita lisäävän generatiivisen tekoälyn läpinäkyvyyttä, tarkastettavuutta ja vastuullisuutta. (J. T. Wang et al. 2024) kertovat tutkimuksessaan taloudellisesta ratkaisusta tekijänoikeusongelmaan. Tutkijat esittävät viitekehystä, joka suhteellisesti palkitsee tekijänoikeuksien omistajia heidän kontribuutionsa mukaan. Viitekehysten avulla tekoälyn kehittäjät saivat käyttöönsä korkealaatuiseen koulutusdataan ja datan luojat saivat korvauksen tekemästään työstä. Tämän ratkaisun voi tulkita parantavan tekoälyn läpinäkyvyyttä.

## 5 Pohdinta

Kirjallisuuskatsauksen perusteella voi todeta, että generatiivisen tekoälyn hyödyntäminen videopelien visualisoinnissa voi tapahtua hyvin monipuolisesti. Sen eri malleja käytetään eri tarkoituksiin. Variaatioautoenkoodereja pääasiallisesti tasojen luontiin proseduraalisella generoinnilla. Vastakkaisasettelumallilla niin tasojen luontia, pelaajanmallinnusta ja esimerkiksi kuvanparannuksessa monen muun sovelluksen lisäksi. Diffuusiomalleilla kuvien ja muun median luomista esimerkiksi Stable Diffusion mallilla. Generatiivinen tekoäly toimii vahvasti pelinkehittäjien tukena parantamaan jo olemassa olevia automaatiotehtäviä. Eettisiä haasteita tarkastellessa esiintyy useasti läpinäkyvyys ja sen tärkeys niin peliteollisuuden, kuin koko tekoälyn etiikassa. Rajallinen avoimuus koulutusdatassa aiheuttaa ongelmia käytetyn viitekehysten muissa osa-alueissa ja heikentää niitä. Kehitystä on nähtävissä yritysten tiedonjako yrityksissä, mutta nämä yritykset eivät täysin riitä tähän kasvavaan ongelmaan.

Tulevaisuudessa on todennäköistä että generatiivisen tekoälyn käyttö peliteollisuudessa lisääntyy entisestään. Tämän voi huomata esimerkiksi siitä kun Lu ja J. Wang (2024) kertoo vuonna 2024 julkaistusta *Black Myth Wukong* -pelistä, jossa pelihahmot ja ympäristöt oli luotu generatiivisella tekoälyllä. Käytön kasvaessa on entistä tärkeämpää keskustella sen käytön etiikasta enemmän, koska kuten Melhart et al. (2023) mainitsevat tutkimuksessaan, on tekoälyn eettisestä hyödyntämisestä

videopelituotannossa keskusteltu vielä vähän. Etiikasta keskustelu voisi saada yritykset toimimaan eettisemmin läpinäkyvyydensä ja koulutusdatansa kanssa.

Tämän pohdinnan perusteella voidaan päätellä että vaikka generatiivinen tekoäly on merkittävä visualisoinnin työkalu peliteollisuudessa, sen eettinen hyödyntäminen vaatii lisää keskustelua ja läpinäkyvyyttä, jotta voidaan keskittyä tarkemmin muihin eettisiin osa-alueisiin.

## 6 Yhteenveto

Generatiivisen tekoälyn vaikutus peliteollisuuteen on ollut merkittävä, sen kehityksen tuomien sovelluksien ja käyttökohteiden myötä. Videopelien grafiikat ovat vahvasti yhteydessä pelin syvällisyyteen ja sen arvoon pelaajien silmissä. Grafiikat ovat kehittyneet pelistä kahden ulottuvuuden peleistä myös kolmiulotteisiksi ja generatiivisen tekoälyn hyödyntäminen peliteollisuudessa on tuonut mukanaan niin graafisia parannuksia ja tehokkuutta kuin myös eettisiä haasteita.

Tämän tutkielman tarkoituksena oli juuri selvittää miten generatiivista tekoälyä hyödynnetään videopelien visualisoinnissa sekä mitä eettisiä haasteita siinä on. Tässä luvussa tehdään tutkielman kirjallisuuskatsauksen yhteenveto, jossa tarkastellaan tutkimuskysymyksiin kerätyt keskeisimmät vastaukset. Lisäksi yhteenvedon jälkeen pohditaan tulevaisuuden mahdollisia sovelluksia ja haasteita generatiivisen tekoälyn hyödyntämisestä videopelien visualisoinnissa.

Tutkielman ensimmäinen tutkimuskysymys oli "*Miten generatiivista tekoälyä hyödynnetään videopelien visualisoinnissa?*". Videopelien visuaaleja eli grafiikoita on luotu usealla eri tavalla. On siirrytty alun sähkömekaniikasta TTL-piireihin, CPU bittikarttaan, Sprite-tekniikkaan, DSP-polygoniin ja viimeiseksi nykyajan GPU-polygoneihin. Videopelien tasojen ja resurssien luontiin on käytetty proseduraalista generointia, johon on automaation lisäämiseksi tuotu mukaan generatiivista tekoälyä variaatio autoenkooderin ja vastakkaisasettelumallin avulla luoden proseduraalisen generoinnin generatiivisen tekoälyn avulla. Generatiivisen tekoälyn avulla on

ollut mahdollista kouluttaa variaatio autoenkooderi luomaan monipuolisia tasoja peleihin. Vastakkaisasettelumallia on käytetty esimerkiksi parantamaan tai muuttamaan pelien grafiikoita eri malleillaan ja luomaan kokonaisia pelihahmoja. Viimeiseksi on todettu mahdolliseksi hyödyntää diffuusiomalleja kuten esimerkiksi Stable diffusionia luomaan peleihin visuaaleja.

Tutkielman toinen tutkimuskysymys oli "*Mitä eettisiä haasteita generatiivisen tekoälyn käytössä videopelien visualisointiin on?*". Tutkielmassa käytettiin eettistä viitekehystä, johon kuului läpinäkyvyys, tarkastettavuus, vastuullisuus, lahjomattomuus ja ennustettavuus. Generatiivisen tekoälyn käytöstä videopelien tuotantoon etiikan kontekstissa on keskusteltu vielä vähän, mutta sen tärkeys kasvaa jatkuvasti. Eettisistä haasteista keskusteltiin niin peliteollisuuden ongelmista, kuin myös visualisoinnin haasteista tekoälyn kanssa. Peliteollisuudessa kohdattiin haasteita pelien suunnittelussa ja niiden mustanlaatikon luonteen kanssa. Näihin ongelmiin ratkaisuksi löytyi selitettävä tekoäly ja yrityksen tiedonjakaminen, jotka lisäsivät uskottavuutta peliteollisuuteen jokaisella käytetyn etiikan viitekehyksen alalla. Visualisoinnissa generatiivisen tekoälyn kanssa ongelmaksi ilmeni plagiointi ja tekijänoikeusrikkomuksien huoli, joka johtui läpinäkyvyyden puutteesta suurien tietojoukkojen datan kanssa. Tähän ratkaisuksi kehitettiin LAION-5B, joka on julkinen suuri tietojoukko suodattimilla sopimatonta sisältöä varten ja viitekehys, joka suhteellisesti palkitsee tekijänoikeuksien omistajia kontribuutionsa mukaan.

Kokonaisuudessaan generatiivinen tekoäly on kasvava ja monipuolinen apu videopelien visualisointiin. Sen malleilla on suuri vaikutus pelinkehitykseen eri osa-alueilla. Riittämätön läpinäkyvyys sen käytöstä aiheuttaa haasteita ja ongelmia, joihin kuitenkin on kehitetty parannuksia. Tutkimusta etiikan osa-alueisiin on tällä hetkellä tehty eniten läpinäkyvyydestä, joka mahdollistaa jatkotutkimuksia muihin osa-alueisiin.

# Lähdeluettelo

- Ali, Safinah ja Cynthia Breazeal (2023). *Studying Artist Sentiments around AI-generated Artwork*. arXiv: 2311.13725.
- Asesh, Aishwarya (2023). "Variational Autoencoder Frameworks in Generative AI Model". Teoksessa: *2023 24th International Arab Conference on Information Technology (ACIT)*, s. 01–06. DOI: <https://www.doi.org/10.1109/ACIT58888.2023.10453782>.
- Badoni, Pankaj, Avita Katal, M. Sweet Reddy ja Mudit Bhargava (2022). "Graphics vs Gameplay: A Comparative Analysis in Gaming". Teoksessa: *2022 2nd International Conference on Intelligent Technologies (CONIT)*, s. 1–8. DOI: <https://www.doi.org/10.1109/CONIT55038.2022.9847843>.
- Bengesi, Staphord, Hoda El-Sayed, MD Kamruzzaman Sarker, Yao Houkpati, John Irungu ja Timothy Oladunni (2024). "Advancements in Generative AI: A Comprehensive Review of GANs, GPT, Autoencoders, Diffusion Model, and Transformers". *IEEE Access* 12, s. 69812–69837. DOI: <https://www.doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3397775>.
- Bostrom, Nick ja Eliezer Yudkowsky (2018). "The Ethics of Artificial Intelligence". Teoksessa: *Artificial Intelligence Safety and Security*. Chapman ja Hall/CRC.
- Cao, Hanqun, Cheng Tan, Zhangyang Gao, Yilun Xu, Guangyong Chen, Pheng-Ann Heng ja Stan Z. Li (2024). "A Survey on Generative Diffusion Models".

- IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* 36.7, s. 2814–2830. DOI: <https://www.doi.org/10.1109/TKDE.2024.3361474>.
- Colado, Iván J. Pérez, Víctor M. Pérez Colado, Antonio Calvo Morata, Rubén Santa Cruz Píriz ja Baltasar Fernández Manjón (2023). ”Using New AI-Driven Techniques to Ease Serious Games Authoring”. Teoksessa: *2023 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, s. 1–9. DOI: <https://www.doi.org/10.1109/FIE58773.2023.10343021>.
- Crowley, James, AP O’Sullivan, Andrzej Nowak, Catholijn Jonker, Dino Pedreschi, Fosca Giannotti ja Yvonne Rogers (2019). ”Toward AI systems that augment and empower humans by understanding us, our society and the world around us”. *Report of 761758*, s. 1–32.
- Dai, Shiqi, Xuanyu Zhu, Naiqi Li, Tao Dai ja Zhi Wang (maaliskuu 2024). ”Procedural Level Generation with Diffusion Models from a Single Example”. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence* 38.9, s. 10021–10029. DOI: <https://www.doi.org/10.1609/aaai.v38i9.28865>.
- Das, Arun ja Paul Rad (2020). *Opportunities and Challenges in Explainable Artificial Intelligence (XAI): A Survey*. arXiv: 2006.11371.
- Dhariwal, Prafulla ja Alexander Nichol (2021). ”Diffusion Models Beat GANs on Image Synthesis”. Teoksessa: *Advances in Neural Information Processing Systems*. Toim. M. Ranzato, A. Beygelzimer, Y. Dauphin, P.S. Liang ja J. Wortman Vaughan. Vol. 34. Curran Associates, Inc., s. 8780–8794. URL: [https://proceedings.neurips.cc/paper\\_files/paper/2021/file/49ad23d1ec9fa4bd8d77d02681df5cfa-Paper.pdf](https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2021/file/49ad23d1ec9fa4bd8d77d02681df5cfa-Paper.pdf).
- Feuerriegel, Stefan, Jochen Hartmann, Christian Janiesch ja Patrick Zschech (helmikuu 2024). ”Generative AI”. *Business & Information Systems Engineering* 66.1, s. 111–126. ISSN: 2363-7005, 1867-0202. DOI: <https://www.doi.org/10.1007/s12599-023-00834-7>.

- Gajewski, Sebastian, Nour El Mawas ja Jean Heutte (2022). ”A Systematic Literature Review of Game Design Tools”. Teoksessa: *Proceedings of the 14th International Conference on Computer Supported Education - Volume 2: CSE-DU*. INSTICC. SciTePress, s. 404–414. ISBN: 978-989-758-562-3. DOI: <https://www.doi.org/10.5220/0011137800003182>.
- Gozalo-Brizuela, Roberto ja Eduardo C. Garrido-Merchán (2023). *A survey of Generative AI Applications*. arXiv: 2306.02781.
- Ha, David ja Jürgen Schmidhuber (maaliskuu 2018). ”World Models”. Versio 1.1. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1207631>.
- Ho, Jonathan, Ajay Jain ja Pieter Abbeel (2020). *Denoising Diffusion Probabilistic Models*. arXiv: 2006.11239.
- Larsson, Stefan ja Fredrik Heintz (2020). ”Transparency in artificial intelligence”. *Internet policy review* 9.2, s. 1–16. DOI: <https://doi.org/10.14763/2020.2.1469>.
- Lowood, Henry (heinäkuu 2009). ”Videogames in Computer Space: The Complex History of Pong”. *IEEE Annals of the History of Computing* 31.3, s. 5–19. ISSN: 1934-1547. DOI: <https://doi.org/10.1109/MAHC.2009.53>.
- Lu, Jiayun ja Junhui Wang (12. joulukuuta 2024). ”Research on the Application of Generative Artificial Intelligence in the Video Game Field”. *Applied and Computational Engineering* 112, s. 194–203. ISSN: 2755-273X. DOI: <https://doi.org/10.54254/2755-2721/2025.18133>.
- Melhart, David, Julian Togelius, Benedikte Mikkelsen, Christoffer Holmgård ja Georgios N. Yannakakis (2023). *The Ethics of AI in Games*. arXiv: 2305.07392.
- Migdał, Piotr, Bartłomiej Olechno ja Błażej Podgórski (2021). *Level generation and style enhancement – deep learning for game development overview*. arXiv: 2107.07397.

- Okur, Mine, Raif Kızıl ja Elif Atamaz (30. kesäkuuta 2024). ”The art of graphic design in video games: beyond the visual”. *Revista Amazonia Investiga* 13.78, s. 9–26. DOI: <https://doi.org/10.34069/AI/2024.78.06.1>.
- Pekkilä, Johannes, Oskar Lappi, Fredrik Robertsén ja Maarit J. Korpi-Lagg (2025). ”Stencil Computations on AMD and Nvidia Graphics Processors: Performance and Tuning Strategies”. *Concurrency and Computation: Practice and Experience* 37.12-14, e70129. DOI: <https://doi.org/10.1002/cpe.70129>.
- Ribeiro, Rafael, Alexandre Valle de Carvalho ja Nelson Bilber Rodrigues (2025). ”Image-Based Video Game Asset Generation and Evaluation Using Deep Learning: A Systematic Review of Methods and Applications”. *IEEE Transactions on Games* 17.3, s. 622–630. DOI: <https://www.doi.org/10.1109/TG.2024.3487054>.
- Rombach, Robin, Andreas Blattmann, Dominik Lorenz, Patrick Esser ja Björn Ommer (2022). *High-Resolution Image Synthesis with Latent Diffusion Models*. arXiv: 2112.10752.
- Sambe, Yukiharu (2013). ”A brief history of arcade video game display technologies”. *Synthesiology English edition* 6.2, s. 94–104. DOI: <https://www.doi.org/10.5571/syntheng.6.94>.
- Sarkar, Anurag ja Seth Cooper (2020). *Sequential Segment-based Level Generation and Blending using Variational Autoencoders*. arXiv: 2007.08746.
- (2021). *Generating and Blending Game Levels via Quality-Diversity in the Latent Space of a Variational Autoencoder*. arXiv: 2102.12463.
- Schuhmann, Christoph, Romain Beaumont, Richard Vencu, Cade W Gordon, Ross Wightman, Mehdi Cherti, Theo Coombes, Aarush Katta, Clayton Mullis, Mitchell Wortsman, Patrick Schramowski, Srivatsa R Kundurthy, Katherine Crowson, Ludwig Schmidt, Robert Kaczmarczyk ja Jenia Jitsev (2022). ”LAION-5B: An open large-scale dataset for training next generation image-text models”.

- Teoksessa: *Thirty-sixth Conference on Neural Information Processing Systems Datasets and Benchmarks Track*. URL: <https://openreview.net/forum?id=M3Y74vmsMcY>.
- Summerville, Adam, Sam Snodgrass, Matthew Guzdial, Christoffer Holmgård, Amy K. Hoover, Aaron Isaksen, Andy Nealen ja Julian Togelius (2018). *Procedural Content Generation via Machine Learning (PCGML)*. arXiv: 1702.00539.
- Togelius, Julian, Emil Kastbjerg, David Schedl ja Georgios N. Yannakakis (2011). ”What is procedural content generation? Mario on the borderline”. Teoksessa: *Proceedings of the 2nd International Workshop on Procedural Content Generation in Games*. PCGames ’11. Bordeaux, France: Association for Computing Machinery. ISBN: 9781450308724. DOI: <https://www.doi.org/10.1145/2000919.2000922>.
- Totten, Chris (2012). *Game Character Creation with Blender and Unity*. John Wiley & Sons, Incorporated. ISBN: 978-1-118-22690-2.
- Wang, Jiachen T., Zhun Deng, Hiroaki Chiba-Okabe, Boaz Barak ja Weijie J. Su (2024). *An Economic Solution to Copyright Challenges of Generative AI*. arXiv: 2404.13964.
- Vivekananthan, Sanchayan (2024). *Comparative Analysis of Generative Models: Enhancing Image Synthesis with VAEs, GANs, and Stable Diffusion*. arXiv: 2408.08751.
- Wolf, Mark J. P. (2007). *The Video Game Explosion: A History from PONG to PlayStation and Beyond*. 1. painos. Westport, Conn: Greenwood. ISBN: 978-0-313-33868-7.